National Défense
Defence nationale

UNCLASSIFIED
UNLIMITED DISTRIBUTION

DREV REPORT 4419/86
FILE: 3633H-003
JUNE 1986

CRDV RAPPORT 4419/86
DOSSIER: 3633H-003
JUIN 1986

MESURE DU DÉPLACEMENT DE FRÉQUENCE AU MAXIMUM DE LA RAIE P20 DANS UN LASER CO_2 À ONDES GUIDÉES

D. Vincent

M. Richard

G. Otis

RESEARCH AND DEVELOPMENT BRANCH
DEPARTMENT OF NATIONAL DEFENCE
CANADA

BUREAU - RECHERCHE ET DÉVELOPPEMENT
MINISTÈRE DE LA DÉFENSE NATIONALE
CANADA

Defence Research Establishment
Centre de recherches pour la Défense
Valcartier, Québec

SANS CLASSIFICATION
DISTRIBUTION ILLIMITÉE

Canada

86-04594/

DREV R-4419/86 UNCLASSIFIED CRDV R-4419/86
FILE: 3633H-003 DOSSIER: 3633H-003

MESURE DU DÉPLACEMENT DE FRÉQUENCE AU MAXIMUM DE LA RAIE P20 DANS UN LASER CO_2 À ONDES GUIDÉES

par

D. Vincent, M. Richard* et G. Otis

*Adjointe à la recherche 1984

DEFENCE RESEARCH ESTABLISHMENT

CENTRE DE RECHERCHES POUR LA DÉFENSE

VALCARTIER

Tel: (418) 844-4271

Québec, Canada June/juin 1986

SANS CLASSIFICATION

ABSTRACT

This report presents a systematic study of the frequency shift that occurs at the peak of the P20 line of a CO_2 waveguide laser with respect to the gas pressure, the gas mixture and the operating temperature. Frequency shifts of several megahertz have been observed under certain conditions. These measurements were obtained using tubes made of beryllium oxide, alumina and glass.

RÉSUMÉ

Nous présentons une étude systématique du déplacement de la fréquence, au maximum de la raie P20 dans un laser CO_2 à ondes guidées, en fonction de la pression dans le tube, du mélange gazeux et de la température de fonctionnement. Des glissements de fréquence de plusieurs mégahertz ont été observés pour certaines valeurs des paramètres. Ces mesures portent sur des tubes en oxyde de béryllium, en alumine et en verre.

TABLE DES MATIÈRES

ABSTRACT/RÉSUMÉ 1

1.0 INTRODUCTION 1

2.0 INSTRUMENTATION 2

2.1 Description du montage 2
2.2 Laser à tube en BeO 5
2.3 Laser à tube en alumine 5
2.4 Laser à tube en verre 5

3.0 MANIPULATIONS 6

3.1 Raies et 'discriminants' 6
3.2 Méthode de prise des mesures 7
3.3 Laser à guide d'ondes en alumine 8

4.0 RÉSULTATS 9

4.1 Laser à guide d'ondes en BeO 9
4.2 Laser à guide d'ondes en alumine 11
4.3 Laser à guide d'ondes en verre 11

5.0 ANALYSE DES RÉSULTATS 18

5.1 Laser à guide d'ondes en BeO 19
5.2 Laser à guide d'ondes en alumine 22

6.0 CONCLUSION 23

7.0 REMERCIEMENTS 24

8.0 RÉFÉRENCES 25

FIGURES 1 à 14

TABLEAU I

1.0 INTRODUCTION

L'utilisation de lasers CO_2 à ondes guidées (OG) comme oscillateurs locaux dans les systèmes de télémétrie et de spectroscopie a permis d'observer un déplacement en fréquence du maximum de la raie à 10.6 µm (P20) par rapport à la fréquence d'un laser CO_2 conventionnel fonctionnant à basse pression et stabilisé aussi au maximum de la P20 (réf. 1-2).

C'est à la suite de ces résultats que nous avons entrepris la présente étude qui porte sur une mesure systématique de la fréquence, au maximum de la raie P20 dans un laser CO_2 OG, en fonction de la pression dans la cavité, du mélange gazeux utilisé et de la température du tube laser.

Ce rapport, qui complète l'étude entreprise en janvier 1983, porte sur le glissement en fréquence de la raie P20 dans un laser CO_2 à ondes guidées (réf. 1). Cette étude avait pu mettre en évidence plusieurs paramètres, dont le mélange de gaz, le courant et la pression dans la cavité, lesquels jouent un rôle important dans ce phénomène. Des déplacements de fréquence de plusieurs dizaines de mégahertz avaient alors été observés. La température constitue toutefois le paramètre que nous jugeons le plus important et c'est pourquoi nous avons utilisé par la suite un régulateur thermique beaucoup plus stable. Ce travail porte surtout sur la variation de la fréquence de la raie P20 en fonction de la température.

Parallèlement, nous avons fait quelques mesures avec un laser à guide d'ondes en alumine, dans le but de vérifier si ce type de laser se comporte différemment du laser à guide d'ondes en oxyde de béryllium, au niveau du décalage en fréquence du mode fondamental de la raie P20. On note également les résultats obtenus avec un guide d'ondes en verre.

Ce travail a été effectué au CRDV entre mai et décembre 1984 dans le cadre du NCP 33H03, Sources radar-laser cohérentes.

2.0 INSTRUMENTATION

2.1 Description du montage

Pour remédier systématiquement à l'instabilité de la température du laser à ondes guidées notée à la réf. 1, nous avons remplacé le régulateur NESLAB CFT-25 par un autre de la même firme, mais de type RTE-8DD. Ce nouvel appareil a une stabilité nominale de ± 0.02°C sur une gamme de températures allant de -30 à 100° C. Expérimentalement, on maintient facilement la température du laser à 0.1°C près, soit la précision de la sonde à thermistor utilisée.

Le reste du montage est présenté à la fig. 1. Le spectromètre Optical Engineering (SPEC. 1 à la fig. 1) permet de visualiser et de contrôler la longueur d'onde d'émission choisie par le réseau. Ce réseau est monté sur un translateur piézoélectrique (PZT) alimenté par un générateur d'ondes triangulaires Hewlett-Packard, modèle 3310B (OSC. 1), dont le signal est amplifié par un amplificateur haute tension Lansing, modèle 80.315 (PZT AL.). Grâce à ce dispositif, on peut varier la longueur de la cavité sur une distance d'environ une longueur d'onde (~ 10 µm/1600 V). En fait, la tension appliquée varie entre 50 et 1150 V. Une seconde modulation à 518 Hz, de faible amplitude cette fois (~ 5 V), provenant d'une source Lansing 80.215 (OSC. 2) permet, pour sa part, de déterminer la dérivée première de la puissance d'une raie (M), lorsque la fréquence fondamentale de cette modulation est détectée par un amplificateur synchrone (DÉT. SYNC. 2).

Pour sa part, un manomètre Baratron MKS, type 170, permet de contrôler la pression (de 40 à 100 torrs) dans le laser. Le mélange de gaz est contenu dans une bouteille en acier inoxydable étanche et à une pression initiale de 700 torrs.

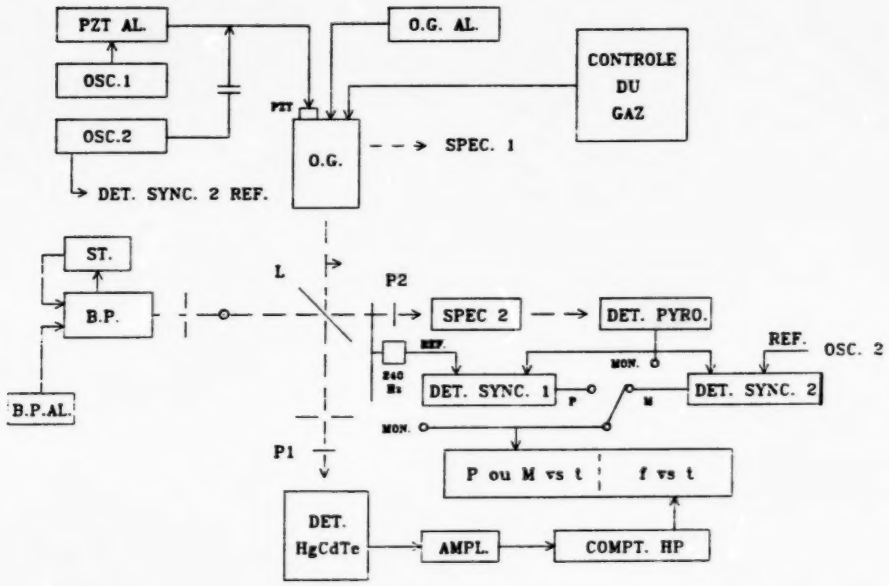

FIGURE 1 - PZT AL.: haute tension sur la céramique; OSC. 1: générateur d'ondes triangulaires; OSC. 2: onde sinusoïdale à 518 Hz servant à prendre la dérivée du profil de raie; O.G.: laser CO_2 à ondes guidées; O.G. AL.: alimentation du laser CO_2; SPEC.: spectromètre; B.P.: laser CO_2 conventionnel à basse pression; B.P. AL.: alimentation du laser à basse pression; ST.: stabilisation; L: lame séparatrice, polarisation "P", 50/50; DET. PYRO.: détecteur pyroélectrique; MON.: oscilloscope; E.G.: enregistreur graphique; DET. HgCdTe: détecteur photoconducteur à la température ambiante; P1: polariseur à 45°; P2: polariseur croisé pour éliminer le faisceau de référence.

Pour mieux évaluer et contrôler le courant dans le tube, on a placé en série, après chacune des résistances de ballast, une résistance de 100 Ω à partir de laquelle on détermine le courant en lisant la tension sur un multimètre numérique Fluke. On peut obtenir de cette façon une précision de l'ordre du dixième de milliampère.

Le laser CO_2 conventionnel à basse pression (18 torrs) émet constamment dans le mode fondamental sur la raie P20 et au maximum de la puissance, grâce à une boucle de stabilisation (ST.). Avec l'aide

de la lame semi-réfléchissante (L), une partie des faisceaux est analysée tandis que l'autre participe au phénomène de battement. La puissance de la raie, modulée à 240 Hz par un interrupteur périodique, est mesurée par un détecteur pyroélectrique (DÉT. PYRO.) à travers un second spectromètre (SPEC. 2) qui sélectionne ici la P20 parmi l'ensemble des raies émises par le laser CO_2 à ondes guidées. Le signal est ensuite amplifié par le détecteur synchrone (DÉT. SYNC. 1). Si on arrête l'interrupteur périodique, le détecteur pyroélectrique enregistre cette fois une modulation à 518 Hz dont l'analyse est faite par un second détecteur synchrone (DÉT. SYNC. 2).

D'autre part, le battement est capté par le détecteur photoconducteur (DÉT. HgCdTe) à la température de la pièce. Ce détecteur, alimenté par des piles à ~ 60 mA, est muni de deux amplificateurs Avantek, modèle AWL- 500 B. Un compteur Hewlett-Packard (COMPT. HP), modèle 5328A, communique à l'enregistreur graphique (E.G.), par l'intermédiaire d'un convertisseur numérique-analogique Hewlett-Packard, modèle 59 303 A, la différence de fréquence (f) entre les deux lasers pour la raie P20 en mode fondamental.

Le balayage de la cavité par le translateur piézoélectrique nous renseigne sur la fréquence de battement, à savoir si elle est la même dans les deux sens du balayage. Il nous permet également de bien cerner le maximum d'émission de la raie P20 du mode fondamental; une stabilisation au maximum de la raie peut être légèrement faussée par un signal parasite dans le stabilisateur, alors qu'un balayage de la cavité n'est pas sujet à une telle erreur.

Nous avons croisé les polarisations des lasers (de référence et à ondes guidées) pour éviter qu'un important pic de battement à f ~ 0 soit lu par le détecteur pyroélectrique (fig. 1). Un polariseur à 45 degrés (P1) recombine les faisceaux sur le détecteur HgCdTe, et un autre polariseur (P2) empêche le faisceau de référence d'atteindre le détecteur pyroélectrique.

2.2 Laser à tube en BeO

Ce laser, déjà décrit à la réf. 1, a 20.3 cm de long, un diamètre externe de 25 cm et un diamètre interne de 2 mm. Deux sections de décharge de 8.6 cm sont séparées aux cathodes par 1 cm. Le coupleur en ZnSe a une réflectivité de 96% et le réseau en montage Littrow a 135 ℓ/mm.

2.3 Laser à tube en alumine

Le tube a 20 cm de long, un diamètre externe de 6 mm et un diamètre interne de 2 mm. Deux cathodes séparées de 6.3 cm sont disposées de part et d'autre du centre du tube et deux anodes se situent à 8 mm des bouts. Les embouts sont en acier inoxydable et maintiennent une fenêtre en ZnSe à une extrémité et un miroir diélectrique sur substrat de ZnSe (R ~ 0.96) à l'autre. Un réseau de 135 ℓ/mm sur cuivre nickelé en montage Littrow est attaché à un translateur piézoélectrique vis-à-vis la fenêtre. Le tube est enfin placé en contact intime (au moyen d'une graisse) avec un échangeur thermique en aluminium. La haute tension négative est appliquée aux deux cathodes à travers deux résistances de 1 MΩ.

2.4 Laser à tube en verre

Ce laser a une cavité longue de 45 cm comportant une section de décharge et de guide de 17 cm environ. Le coupleur est un ménisque dont la courbure concave face au tube minimise les pertes diffractionnelles. À l'autre bout du laser, un arrangement lentille convergente-réseau (135 ℓ/mm) en montage Littrow permet de bien sélectionner une raie tout en minimisant les pertes diffractionnelles. Ce laser peut émettre 640 mW au maximum de la raie P20.

3.0 MANIPULATIONS

3.1 Raies et 'discriminants'

Rien n'a été changé quant aux critères de sélection relatifs aux raies et discriminants définis à la réf. 1. L'alignement du réseau doit permettre le maximum d'émission sur la raie P20 en mode fondamental transverse.

Le profil de la raie, qui doit être d'amplitude maximale, doit également permettre d'atteindre et de bien distinguer le maximum. Un changement soudain de la raie émise par le laser provoque un "saut de raie" caractérisé par un trait vertical assez prononcé sur l'enregistrement graphique. Cette situation représente un mauvais ajustement du réseau si elle se présente avant que le maximum de la raie P20 n'ait été atteint. L'émission doit également ne comporter qu'un seul mode; le cas contraire provoque souvent des battements parasites ainsi qu'un profil de raie qui peut être très trompeur (profil comportant plusieurs bosses).

Quant au discriminant (i.e. un signal proportionnel à la pente du profil de raie donné par DÉT. SYNC. 2), il doit être le plus monotone possible, sans plateau, et étalé le plus également possible de chaque côté du zéro.

Bien sûr, le profil de raie et la forme du discriminant sont intimement liés: une belle raie, selon les critères, donne généralement un discriminant acceptable.

Le respect de ces critères nous a permis de mieux délimiter les zones "sombres" (où la puissance laser est minimale) dont il est question à la section 6.2 de la réf. 1.

La règle qui désigne le signe du glissement en fréquence reste également inchangée: une tension électrique plus négative sur le PZT correspond à une fréquence décroissante. La précision des mesures demeure la même à ± 5 MHz.

3.2 Méthode de prise des mesures

Le laser à ondes guidées est pompé pendant environ 10 min, sauf celui en verre qui est scellé. Après avoir introduit le mélange gazeux, on sélectionne la température précise à laquelle il doit fonctionner. Une demi-heure environ est nécessaire avant que le système cavité-réservoir de chaleur-régulateur n'atteigne la stabilité thermique recherchée, soit de l'ordre du dixième de degré Celsius.

On procède alors à l'alignement du réseau du laser à ondes guidées de façon à optimiser la puissance sur la raie P20 en mode fondamental. On prend alors le relevé graphique, qui comprend généralement au moins quatre profils de raie et, en moyenne, de six à huit discriminants acceptables. La fréquence de battement est enregistrée en même temps que le discriminant et on note la fréquence lorsque celui-ci est nul pour les deux sens de balayage du PZT (cf. fig. 1).

Après avoir mesuré la puissance de la raie P20 à son maximum d'émission à l'aide d'un wattmètre modèle 210 de Coherent Radiation, on note la température du réservoir de chaleur à ± 0.1°C, la température du liquide refroidisseur (lue sur le régulateur) ainsi que la température de la pièce (à ± 0.5°C) lors de la mesure. Ensuite on change la température du régulateur pour une autre série de mesures.

La température de la pièce augmente de quelques degrés au cours de la journée en raison du fonctionnement des instruments. Ceci a été pris en considération à partir du moment où nous avons constaté qu'elle influençait la température du réservoir de chaleur.

TABLEAU I

Influence de la température de la pièce sur le déplacement de fréquence. Conditions expérimentales: mélange de référence, 40 torrs, 5 mA, BeO

	Température			
	Laser (°C)	Pièce (°C)	Régulateur (°C)	Déplacement de fréquence (MHz)
Essai 1	21.3	25	14.4	+19
Essai 2	22.0	28.5	14.4	-9

Le tableau I montre clairement qu'une augmentation de la température de la pièce fait croître légèrement la température du laser, et ce, pour une température constante du liquide refroidisseur. La température à l'intérieur du tube semble également être modifiée puisque le décalage en fréquence subit un glissement important vers le rouge: ceci correspond à une augmentation de la température à l'intérieur du laser pour de telles conditions expérimentales. Cependant, pour une même température du laser, le déplacement en fréquence est le même quelle que soit la température de la pièce.

3.3 Laser à guide d'ondes en alumine

Quelques manipulations diffèrent en ce qui concerne le laser à guide d'ondes en alumine.

Des essais préliminaires nous ont permis de constater que la fréquence de la raie P20 variait constamment, même dans des conditions expérimentales stables. Une remise à neuf du tube laser (nettoyage, nouvelle optique, décharge soutenue dans l'oxygène) a ramené une stabilité de ± 5 MHz suffisante pour la cueillette de résultats.

La préparation du laser est identique à celle utilisée pour le tube en BeO. Le relevé graphique compte quelques profils de raie ainsi qu'un très grand nombre de discriminants auxquels sont associés des temps correspondant à l'intervalle de temps entre le début du fonctionnement du laser dans ces conditions précises et l'instant où on obtient ce discriminant. Une deuxième série de mesures consiste à varier la température et à noter le déplacement de fréquence correspondant.

4.0 RÉSULTATS

4.1 Laser à guide d'ondes en BeO

4.1.1 Mélange de référence (n° 4 à la réf. 1)

Composition: 5.8% de N_2
10.8% de CO_2
83.4% de He

Ce mélange, qui est identique à celui utilisé dans le laser à écoulement servant de référence, a fait l'objet d'une étude assez détaillée présentée à la réf. 1. Il est toutefois question ici, dans le but de compléter le travail déjà amorcé, d'étudier le comportement du déplacement de fréquence ainsi que de la puissance en fonction de la température, pour trois pressions données (fig. 2 à 4), soit 40, 60 et 80 torrs.

On peut par le fait même vérifier qu'une diminution de la pression cause, comme nous l'avons constaté à la réf. 1, une diminution de la valeur maximale du glissement en fréquence.

Ce mélange, au maximum d'émission de la raie P20 en mode fondamental, à 80 torrs et 5.0 mA, donne une puissance de 700 mW à une température de 20.5°C.

4.1.2 Mélange A (n° 2 à la réf. 1)

Composition: 14.6% de N_2
12.4% de CO_2
73.0% de He

Ce mélange a été utilisé par l'équipe française Van Lerberghe, Avrillier et Bordé (réf. 2). Cette fois-ci, on tente uniquement de vérifier la reproductibilité des résultats en les comparant à ceux présentés à la réf. 1.

On ne présente ici qu'un seul résultat (fig. 5). Pour une pression de 100 torrs, un courant de 6.3 mA et une température de 22.9°C, la puissance émise est de 1.2 W.

4.1.3 Mélange B (n° 1 à la réf. 1)

Composition: 4.0% de Xe
10.0% de CO
20.0% de CO_2
66.0% de He

Ce mélange, initialement utilisé par Lavigne et al. (réf. 3), n'a pas encore fait l'objet d'une étude en fonction de la température.

C'est justement pour combler cette lacune, et vérifier si le comportement de ce mélange est identique aux autres mélanges étudiés, que nous avons pris des mesures à des pressions de 40 et 100 torrs (fig. 6-7).

A 18.1°C, 100 torrs et 6.0 mA, ce mélange gazeux émet à une puissance de 1.1 W au maximum de la raie P20 en mode fondamental.

4.2 Laser à guide d'ondes en alumine

On a utilisé ce type de laser avec le mélange gazeux B, à un courant de 5.4 mA et des pressions de 40, 60, 62 et 82 torrs.

Les fig. 8 à 14 nous montrent le décalage en fréquence en fonction de la température et du temps pour les différentes pressions.

Un fait bizarre est à signaler: ce laser ne fonctionnait pas avec le mélange A pour une raison encore inconnue. Avec le mélange B, dans de telles conditions expérimentales, la puissance se situe aux environs de 500 mW (avec réseau), et dépend très peu de la température (±20% entre 18 et 29°C avec une période de 2°C environ et une décroissance lente après 30°C).

4.3 Laser à guide d'ondes en verre

Tel que mentionné à la réf. 1, aucun glissement de fréquence au maximum de la raie P20 n'a été observé avec un laser à guide d'ondes en verre construit par MPB Technologies de Dorval. Pour la gamme de températures (15 à 25°C) disponible, les déplacements mesurés étaient à l'intérieur de la marge d'incertitude expérimentale (± 5 MHz).

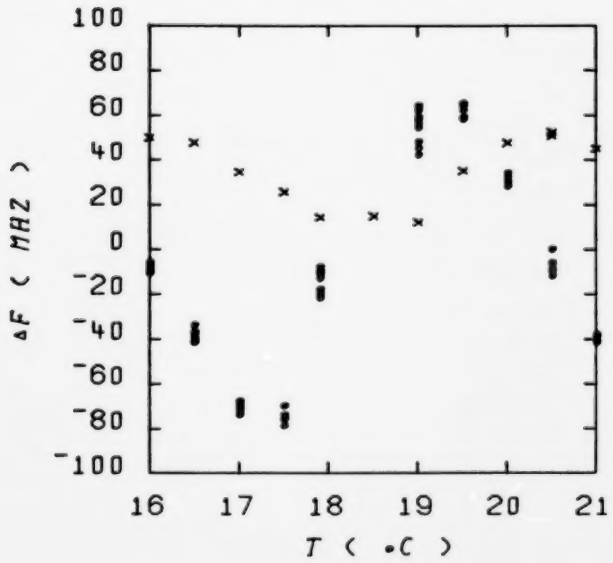

FIGURE 2 - Laser avec tube en BeO: p = 80 torrs, I = 5 mA, mélange de référence, o:Δf, ×:puissance laser P; l'axe vertical indique Δf en MHz et P en unités relatives.

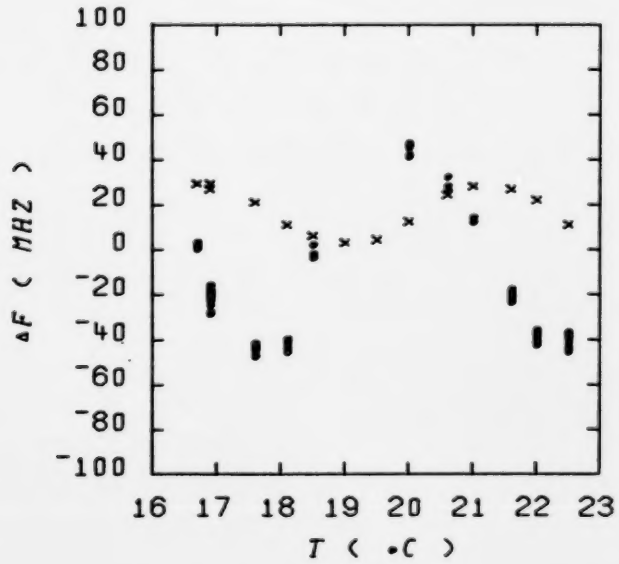

FIGURE 3 - Laser avec tube en BeO: p = 60 torrs, I = 5 mA, mélange de référence, o:Δf, ×:P; l'axe vertical indique Δf en MHz et P en unités relatives.

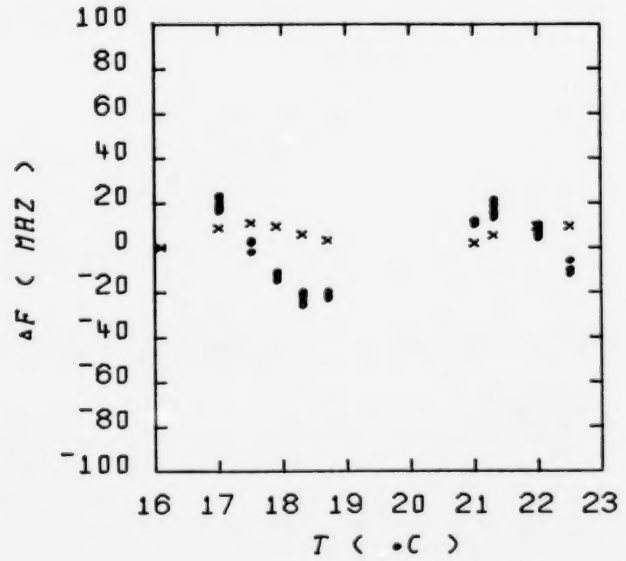

FIGURE 4 - Laser avec tube en BeO: p = 40 torrs, I = 5 mA, mélange de référence, o:Δf, ×:P; l'axe vertical indique Δf en MHz et P en unités relatives.

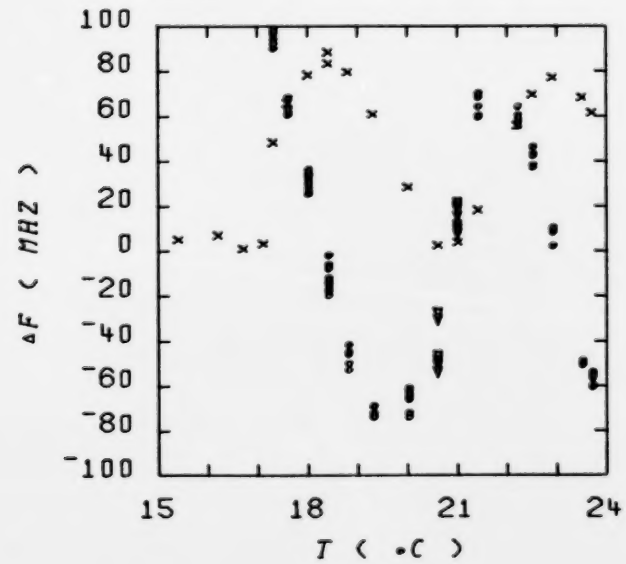

FIGURE 5 - Laser avec tube en BeO: p = 100 torrs, I = 6.3 mA, mélange A, o et Δ : Δf, ×:P; l'axe vertical indique Δf en MHz et P en unités relatives.

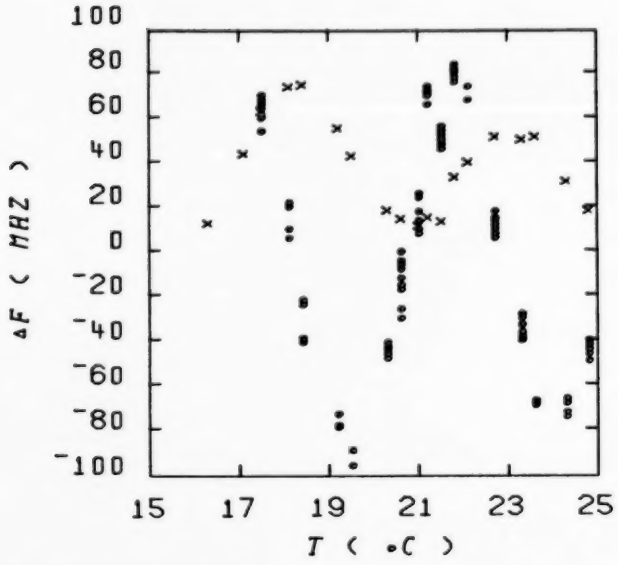

FIGURE 6 - Laser avec tube en BeO: p = 100 torrs, I = 6 mA, mélange B, o:Δf, ×:P; l'axe vertical indique Δf en MHz et P en unités relatives.

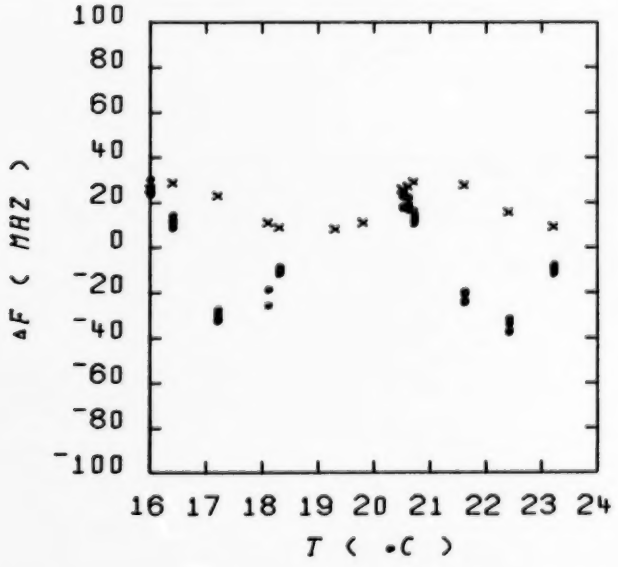

FIGURE 7 - Laser avec tube en BeO: p = 40 torrs, I = 6 mA, mélange B, o:Δf, ×:P; l'axe vertical indique Δf en MHz et P en unités relatives.

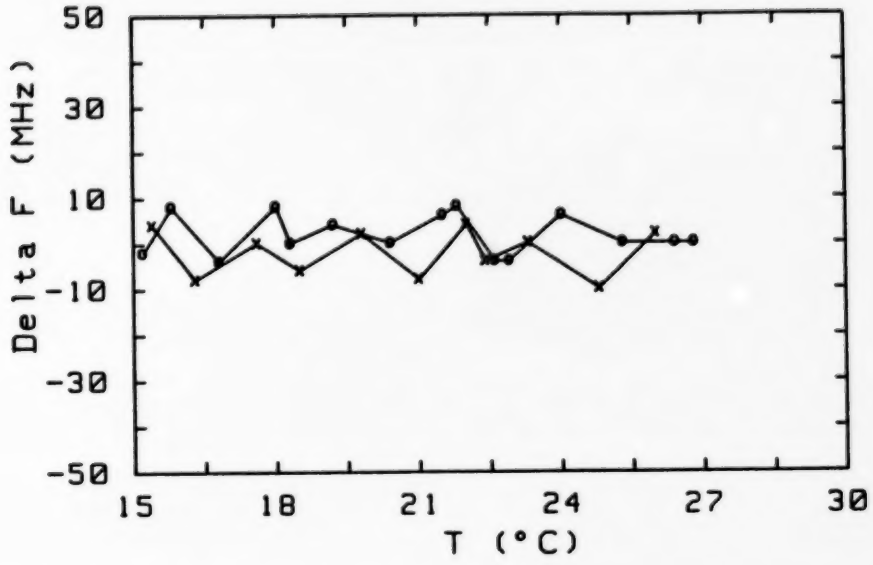

FIGURE 8 - Laser avec tube en Al_2O_3: p = 40 torrs, I = 5.4 mA, mélange B, o et × réfèrent aux deux sens de balayage de la cavité.

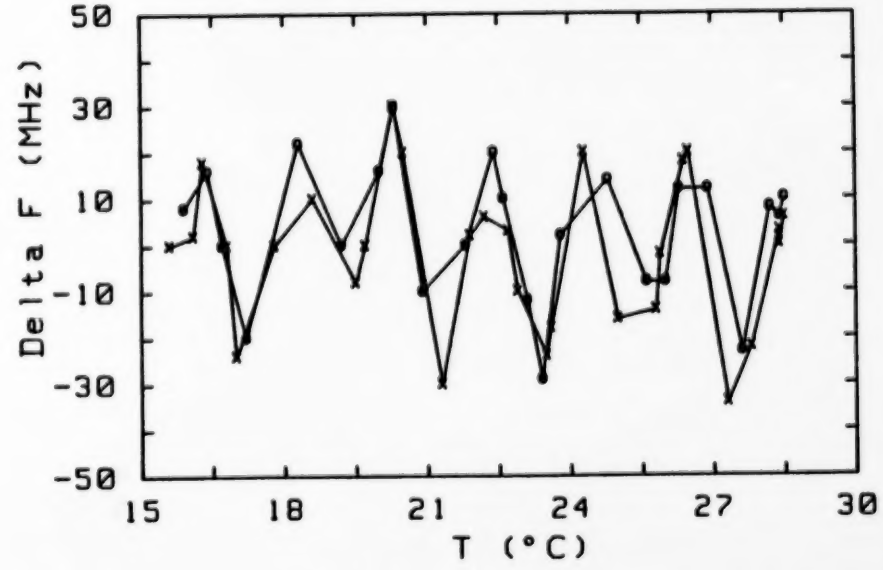

FIGURE 9 - Laser avec tube en Al_2O_3: p = 60 torrs, I = 5.4 mA, mélange B, o et × réfèrent aux deux sens de balayage de la cavité.

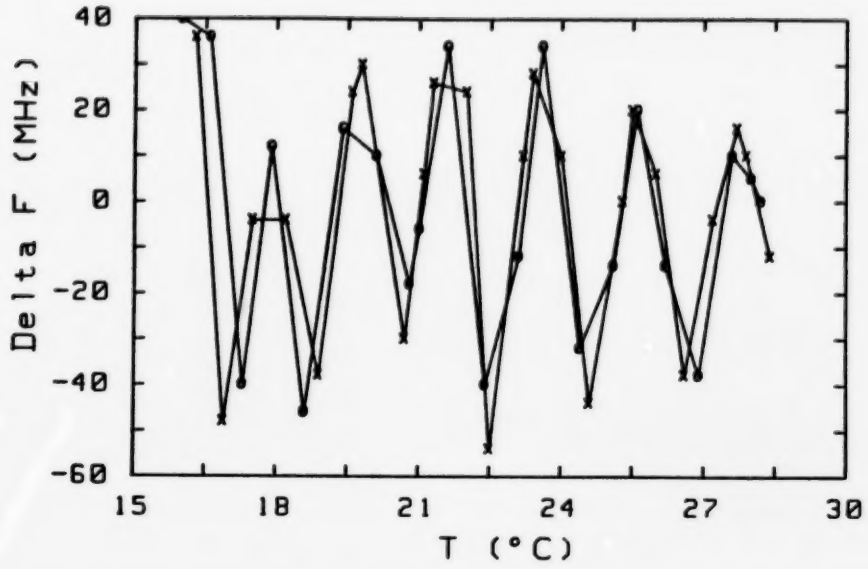

FIGURE 10 - Laser avec tube en $A\ell_2O_3$: p = 82 torrs, I = 5.4 mA, mélange B, o et × réfèrent aux deux sens de balayage de la cavité.

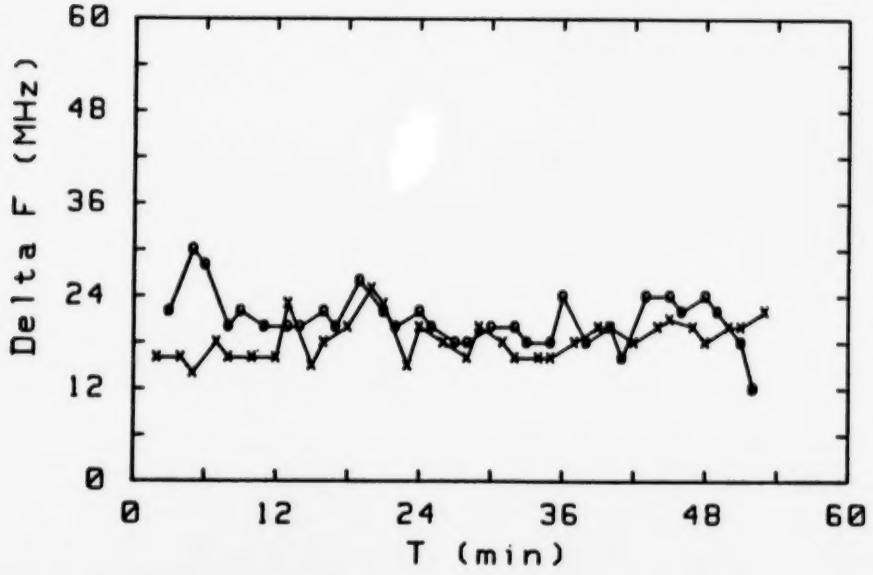

FIGURE 11 - Laser avec tube en $A\ell_2O_3$: p = 62 torrs, I = 5.4 mA, T = 20.2°C, mélange B, o et × réfèrent aux deux sens de balayage de la cavité; l'abscisse est le temps en minutes.

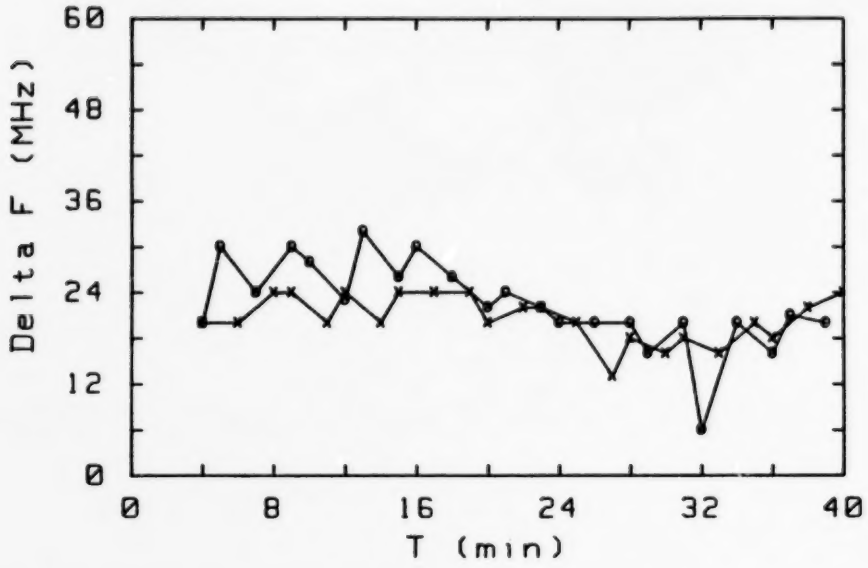

FIGURE 12 - Laser avec tube en $A\ell_2O_3$: p = 82 torrs, I = 5.4 mA, T = 21.5°C, mélange B, o et × réfèrent aux deux sens de balayage de la cavité; l'abscisse est le temps en minutes.

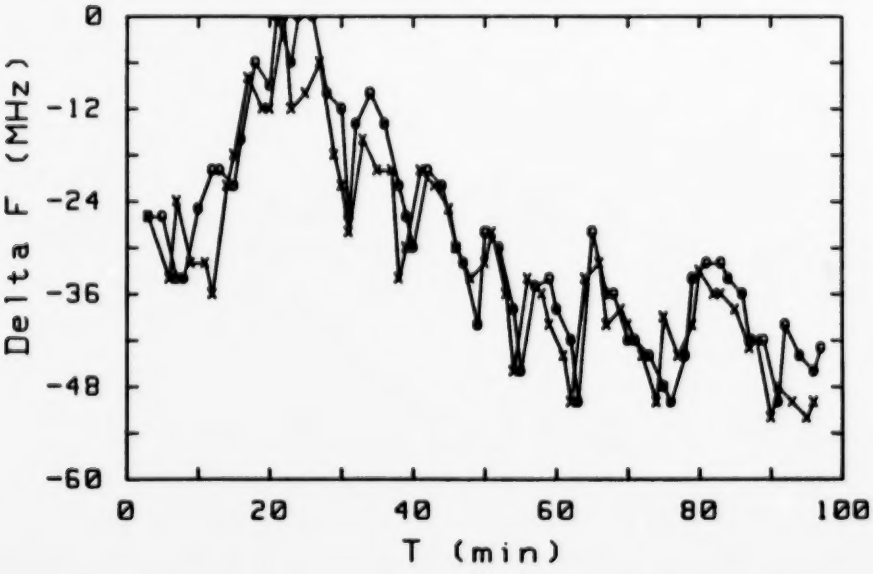

FIGURE 13 - Laser avec tube en $A\ell_2O_3$: p = 82 torrs, I = 5.4 mA, T = 17.8°C, mélange B, o et × réfèrent aux deux sens de balayage de la cavité; l'abscisse est le temps en minutes.

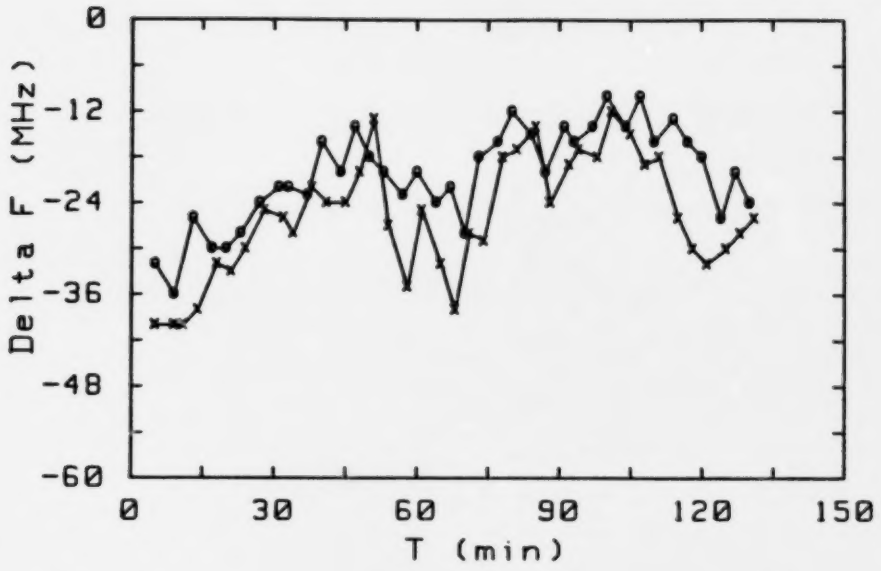

FIGURE 14 - Laser avec tube en Al_2O_3: p = 82 torrs, I = 5.4 mA, T = 18.1°C, mélange B, o et × réfèrent aux deux sens de balayage de la cavité; l'abscisse est le temps en minutes.

5.0 ANALYSE DES RÉSULTATS

L'importance de la température sur le déplacement de fréquence a déjà été mis en évidence dans le rapport précédent (réf. 1).

En utilisant cette fois-ci un laser thermiquement plus stable, nous sommes en mesure de caractériser précisément le rôle de la température à la fois sur le glissement en fréquence et sur la puissance d'émission de la raie P20.

Les fig. 2-7 (pour un tube en BeO) font bien ressortir le comportement cyclique de la fréquence et de la puissance de la raie en fonction de la température. Elles nous montrent aussi que le mélange utilisé et la pression à l'intérieur de la cavité influencent la puissance d'émission ainsi que la grandeur des excursions en fréquence: celles-ci sont plus importantes dans le cas d'une émission laser plus intense.

Tous les résultats obtenus montrent également qu'il existe une relation entre la puissance du mode fondamental de la raie P20 et sa fréquence au maximum d'émission en fonction de la température: le glissement tend vers une valeur nulle dans des conditions optimales d'émission (pour un tube en BeO).

Analysons plus spécifiquement chaque graphique selon le mélange contenu dans la cavité laser.

5.1 Laser à guide d'ondes en BeO

5.1.1 Mélange de référence

Les fig. 2, 3 et 4 se rapportent au mélange de référence. On remarque l'importance de la pression dans le tube en ce qui a trait à la puissance d'émission et aux excursions en fréquence de la raie P20. Il y a également là un effet de la température: une modification de la pression crée des conditions thermiques différentes à l'intérieur du tube.

On remarque également un déplacement du maximum vers les températures plus élevées lorsque la pression diminue, et ce, tout aussi bien dans le cas de la puissance que du déplacement de fréquence. Un tel comportement pour ce qui est du déplacement de fréquence a aussi été observé avec le mélange A pour un courant de 6.2 mA dans le tube.

Le déplacement de fréquence et la puissance de la raie P20 ont donc des comportements assez identiques par rapport à la température. Une certaine relation doit donc exister entre ces deux paramètres. De fait, si on regarde les fig. 2, 3 et 4 de plus près, on remarque que pour une puissance d'émission maximum, le déplacement de fréquence tend vers une valeur nulle. Pour une puissance intermédiaire, il atteint des valeurs maximales. Ce comportement se vérifie pour toutes les pressions étudiées.

Nous savons de plus qu'une augmentation de la pression, pour un courant fixe, occasionne une augmentation de la tension électrique à l'intérieur du tube laser. Une puissance accrue est alors dissipée par la décharge ce qui cause nécessairement une augmentation de la température. Cette relation entre la pression et la température nous permet d'associer ce décalage vers la droite des courbes correspondant aux plus basses pressions, au décalage vers la droite des courbes correspondant aux plus basses températures, tel que présenté aux fig. 19 et 20 de la réf. 1.

La tentation est grande de vouloir comparer les résultats obtenus dans le cadre du présent travail à ceux de la fig. 20 de la réf. 1. Bien que quelques valeurs semblent concorder (à 40 torrs, nous avons un décalage de -11 à -20 MHz comparativement à -6 MHz, différence que nous jugeons acceptable étant donné l'incertitude sur la température notée à la réf. 1), d'autres valeurs divergent nettement, comme à 80 torrs par exemple. A la lumière de ce que nous connaissons présentement comme paramètres modifiant les conditions expérimentales, plusieurs raisons peuvent expliquer les différences observées.

Les résultats mentionnés à la réf. 1 ont permis de mettre en évidence le rôle important de la température sur l'alignement de la cavité (cf. fig. 30, réf. 1). Des différences importantes peuvent surgir selon que la mesure et l'alignement ont été effectués à la même température ou non. Ceci pouvait se produire, lors des travaux précédents, parce que la température du régulateur Neslab CFT-25 variait constamment de T-0.5°C à T+0.5°C. Cela a pu occasionner des déplacements de fréquence différents de ceux que nous avons observés lors de ce travail-ci, dans des conditions expérimentales plus stables. Les comportements sont les mêmes, mais les positions absolues des courbes peuvent être différentes.

Nous observons donc, dans le cas des trois pressions étudiées, un comportement cyclique de la fréquence et de la puissance d'émission de la raie P20 fondamentale, la présence de zones sombres à intervalles réguliers et, ce que nous considérons comme un ajout important, le glissement en fréquence nul pour une puissance maximum de l'émission laser (la puissance minimale, quant à elle, correspondant aux zones sombres).

5.1.2 Mélange A

Le mélange A a causé la plus grande puissance laser lors du présent travail. Un simple coup d'oeil à la fig. 5 nous permet de constater que cette puissance accrue occasionne des excursions en fréquence plus considérables. Cette augmentation de la puissance permet également d'obtenir un mode fondamental de la raie P20 à des températures qui, auparavant, auraient correspondu à une zone sombre. Ainsi à 20.6 et 21.0°C, nous pouvons obtenir des relevés graphiques (triangles sur la fig. 5); une grande différence au niveau de la fréquence subsiste toutefois entre les deux raies correspondant respectivement à une tension électrique croissante et décroissante sur le translateur. Le peu d'amplitude de la raie oblige également le compteur de fréquence à travailler à sa limite de sensibilité. L'alignement est très critique et le mode supérieur de la raie P20 est plus intense que le mode fondamental. Toutes ces constatations sont caractéristiques de ce que nous qualifions comme étant une zone sombre. Il s'agit à nouveau d'une question de température puisque à des températures inférieures à 17.1°C, il est même impossible d'obtenir un mode fondamental de la raie P20: nous avons encore là une zone sombre.

En ce qui a trait à la comparaison entre les résultats obtenus ici et ceux de la réf. 1, nous pouvons facilement constater que les résultats sont assez compatibles. La figure 27 de la réf. 1 indique un déplacement de fréquence d'environ -70 MHz pour une température d'environ 20°C, ce que la fig. 5 confirme également ici.

On peut également vérifier à partir de la figure obtenue qu'un déplacement de fréquence nul se produit lorsque la puissance émise est maximale et, de plus, que le plus grand déplacement coïncide à peu près à la demie de la puissance maximale.

5.1.3 Mélange B

Les fig. 6 et 7 confirment, à peu de choses près, tout ce que nous avons pu observer avec les mélanges A et de référence: la relation entre la puissance, l'amplitude des excursions en fréquence et la pression dans la cavité, ainsi que le déplacement de fréquence nul pour une puissance maximale avec le mélange gazeux en question.

5.2 Laser à guide d'ondes en alumine

Les fig. 8 à 10 indiquent que l'excursion maximale de la fréquence augmente avec la pression. On remarque aussi un comportement cyclique avec une période de 2°C environ. La puissance laser à 82 torrs a également présenté une variation cyclique de ±20% avec une période de 2°C; aucune zone sombre n'a toutefois été observée. Cependant, ces résultats ont été obtenus alors que le régulateur de température effectuait une rampe de +0.5°C/min environ. Lors d'un tel enregistrement dynamique, il est possible que la température lue sur l'échangeur de chaleur soit en avance dans le temps par rapport à la température à l'intérieur du tube laser. Ceci devient évident si on analyse les résultats montrés aux fig. 11 et 12. Ces dernières présentent des essais de stabilité du glissement en fréquence dans le temps. Les valeurs de la fréquence à 62 torrs aux fig. 9 et 11 concordent si on admet un décalage de 0.2°C; il en est de même pour les valeurs à 82 torrs aux fig. 10 et 12. Il faut noter que le laser fonctionnait depuis quelques heures lorsque ces essais ont été effectués.

Les fig. 11 et 12 indiquent un décalage en fréquence moyennement stable. Par contre, les fig. 13 et 14 montrent un comportement très instable obtenu avec le même laser quelques jours avant les résultats des fig. 8 à 12. Ce comportement instable semble indiquer une interaction entre le gaz et la face interne du tube laser qui changerait la composition du gaz et le profil thermique. Peut-être un élément, tel que l'oxygène, est-il absorbé lentement par l'alumine? De toute façon, les mesures présentées se sont avérées beaucoup plus difficiles avec ce tube en alumine mais ont néanmoins démontré un effet semblable à celui obtenu avec un tube en BeO quoique d'amplitude plus faible. Cependant, la périodicité de 2°C pour un tube en alumine est plus courte que celle de 4 à 5°C observée avec un tube en BeO (cf. fig. 2-7).

6.0 CONCLUSION

L'utilisation d'un régulateur de température plus stable lors du présent travail a donc permis de faire une étude beaucoup plus systématique du rôle de la température sur le phénomène du déplacement en fréquence de la raie P20 dans un laser CO_2 à ondes guidées.

Nous avons constaté que, quels que soient le mélange de gaz utilisé, la pression et le courant dans le tube, on observe un comportement cyclique de la fréquence et de la puissance d'émission du mode fondamental de la raie P20.

Un autre point important a été de mettre en évidence la relation entre la puissance d'émission de la raie P20 et sa fréquence: un déplacement de fréquence nul si la température maximise la puissance du faisceau laser, et une excursion maximale en fréquence à une puissance intermédiaire. De plus, l'amplitude de l'excursion en fréquence augmente si la puissance du faisceau laser augmente (soit en changeant le mélange de gaz ou en augmentant la pression ou la puissance électrique dissipée).

Cependant, le comportement général de la fréquence en fonction de la température est indépendant du mélange; seules les valeurs du déplacement peuvent varier.

Si on considère les résultats cités à la réf. 1 et ceux du présent rapport, on établit que l'amplitude des excursions en fréquence est plus grande avec un tube en BeO (jusqu'à 100 MHz), qu'elle diminue avec un tube en Al_2O_3 (50 MHz) et est nulle avec un tube en verre. Cependant ce dernier laser est quelque peu différent: il a une cavité très longue (~ 45 cm) comportant une lentille pour collimater le faisceau incident sur le réseau.

Enfin, cette étude démontre qu'on peut syntoniser un laser CO_2 à ondes guidées et à tube en céramique en ajustant sa température. Cette technique serait utile pour un laser stabilisé à son maximum d'émission au moyen des techniques établies. Cependant, l'instabilité relative observée avec un tube en alumine semble indiquer qu'un tube en BeO est préférable pour ce genre d'application.

On étudie actuellement un modèle théorique impliquant une lentille thermique à l'intérieur du guide pour expliquer ce déplacement de fréquence.

7.0 REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier sincèrement M. J. Lemay pour la construction du laser à tube en Al_2O_3 et son assistance technique. Nous remercions également M. P. Grenier pour la mise en graphique de certaines données.

8.0 RÉFÉRENCES

1. Richard, M., Vincent, D. et Otis, G., "Mesure du glissement de fréquence dans un laser CO_2 à ondes guidées", CRDV M-2720/85, janvier 1985, SANS CLASSIFICATION

2. Van Lerberghe, A., Avrillier, S. and Bordé, C.J., "High Stability CW Waveguide CO_2 Laser for High Resolution Saturation Spectroscopy", IEEE J. Quant. Elect., Vol. QE-14, pp. 481-486, 1978.

3. Lavigne, P., Otis, G. and Vincent, D., "Performance Characteristics of a CO_2 Waveguide Laser", CRDV R-4150/79, août 1979, SANS CLASSIFICATION

CRDV R-4419/86 (SANS CLASSIFICATION)

Bureau - Recherche et Développement, MDN, Canada.
CRDV, C.P. 8800, Courcelette, Qué. G0A 1R0

"Mesure du déplacement de fréquence au maximum de la raie P20 dans un laser CO_2 à ondes guidées"
par D. Vincent, M. Richard et G. Otis

Nous présentons une étude systématique du déplacement de la fréquence, au maximum de la raie P20 dans un laser CO_2 à ondes guidées, en fonction de la pression dans le tube, du mélange gazeux et de la température de fonctionnement. Des glissements de fréquence de plusieurs mégahertz ont été observés pour certaines valeurs des paramètres. Ces mesures portent sur des tubes en oxyde de béryllium, en alumine et en verre.

CRDV R-4419/86 (SANS CLASSIFICATION)

Bureau - Recherche et Développement, MDN, Canada.
CRDV, C.P. 8800, Courcelette, Qué. G0A 1R0

"Mesure du déplacement de fréquence au maximum de la raie P20 dans un laser CO_2 à ondes guidées"
par D. Vincent, M. Richard et G. Otis

Nous présentons une étude systématique du déplacement de la fréquence, au maximum de la raie P20 dans un laser CO_2 à ondes guidées, en fonction de la pression dans le tube, du mélange gazeux et de la température de fonctionnement. Des glissements de fréquence de plusieurs mégahertz ont été observés pour certaines valeurs des paramètres. Ces mesures portent sur des tubes en oxyde de béryllium, en alumine et en verre.

CRDV R-4419/86 (SANS CLASSIFICATION)

Bureau - Recherche et Développement, MDN, Canada.
CRDV, C.P. 8800, Courcelette, Qué. G0A 1R0

"Mesure du déplacement de fréquence au maximum de la raie P20 dans un laser CO_2 à ondes guidées"
par D. Vincent, M. Richard et G. Otis

Nous présentons une étude systématique du déplacement de la fréquence, au maximum de la raie P20 dans un laser CO_2 à ondes guidées, en fonction de la pression dans le tube, du mélange gazeux et de la température de fonctionnement. Des glissements de fréquence de plusieurs mégahertz ont été observés pour certaines valeurs des paramètres. Ces mesures portent sur des tubes en oxyde de béryllium, en alumine et en verre.

CRDV R-4419/86 (SANS CLASSIFICATION)

Bureau - Recherche et Développement, MDN, Canada.
CRDV, C.P. 8800, Courcelette, Qué. G0A 1R0

"Mesure du déplacement de fréquence au maximum de la raie P20 dans un laser CO_2 à ondes guidées"
par D. Vincent, M. Richard et G. Otis

Nous présentons une étude systématique du déplacement de la fréquence, au maximum de la raie P20 dans un laser CO_2 à ondes guidées, en fonction de la pression dans le tube, du mélange gazeux et de la température de fonctionnement. Des glissements de fréquence de plusieurs mégahertz ont été observés pour certaines valeurs des paramètres. Ces mesures portent sur des tubes en oxyde de béryllium, en alumine et en verre.

DREV R-4419/86 (UNCLASSIFIED)

Research and Development Branch, DND, Canada.
DREV, P.O. Box 8800, Courcelette, Que. G0A 1R0

"Measurement of the Frequency Shift at the Peak of the P20 Line of a CO_2 Waveguide Laser"
by D. Vincent, M. Richard and G. Otis

This report presents a systematic study of the frequency shift that occurs at the peak of the P20 line of a CO_2 waveguide laser with respect to the gas pressure, the gas mixture and the operating temperature. Frequency shifts of several megahertz have been observed under certain conditions. These measurements were obtained using tubes made of beryllium oxide, alumina and glass.

DREV R-4419/86 (UNCLASSIFIED)

Research and Development Branch, DND, Canada.
DREV, P.O. Box 8800, Courcelette, Que. G0A 1R0

"Measurement of the Frequency Shift at the Peak of the P20 Line of a CO_2 Waveguide Laser"
by D. Vincent, M. Richard and G. Otis

This report presents a systematic study of the frequency shift that occurs at the peak of the P20 line of a CO_2 waveguide laser with respect to the gas pressure, the gas mixture and the operating temperature. Frequency shifts of several megahertz have been observed under certain conditions. These measurements were obtained using tubes made of beryllium oxide, alumina and glass.

DREV R-4419/86 (UNCLASSIFIED)

Research and Development Branch, DND, Canada.
DREV, P.O. Box 8800, Courcelette, Que. G0A 1R0

"Measurement of the Frequency Shift at the Peak of the P20 Line of a CO_2 Waveguide Laser"
by D. Vincent, M. Richard and G. Otis

This report presents a systematic study of the frequency shift that occurs at the peak of the P20 line of a CO_2 waveguide laser with respect to the gas pressure, the gas mixture and the operating temperature. Frequency shifts of several megahertz have been observed under certain conditions. These measurements were obtained using tubes made of beryllium oxide, alumina and glass.

DREV R-4419/86 (UNCLASSIFIED)

Research and Development Branch, DND, Canada.
DREV, P.O. Box 8800, Courcelette, Que. G0A 1R0

"Measurement of the Frequency Shift at the Peak of the P20 Line of a CO_2 Waveguide Laser"
by D. Vincent, M. Richard and G. Otis

This report presents a systematic study of the frequency shift that occurs at the peak of the P20 line of a CO_2 waveguide laser with respect to the gas pressure, the gas mixture and the operating temperature. Frequency shifts of several megahertz have been observed under certain conditions. These measurements were obtained using tubes made of beryllium oxide, alumina and glass.